

## Verfahren zur kanalweisen Einstellung von Sendesignalleistungen eines Wellenlängenmultiplex-Übertragungssystems

**Patent number:** DE19848989  
**Publication date:** 2000-05-11  
**Inventor:** WEISKE CLAUS-JOERG (DE); KRUMMRICH PETER (DE)  
**Applicant:** SIEMENS AG (DE)  
**Classification:**  
- international: H04J14/02  
- european: H04B10/18E; H04J14/02B  
**Application number:** DE19981048989 19981023  
**Priority number(s):** DE19981048989 19981023

**Also published as:**

WO0025465 (A1)  
EP1123596 (A1)  
CA2347687 (A1)  
EP1123596 (B1)

**Report a data error here**

**Abstract of DE19848989**

The corresponding transmission signal power levels ( $P_{tx(i)}$ ) are adjusted for exact level balance or signal-to-noise ratio balance of received signals ( $E_1$  to  $E_n$ ). If the dynamic range is surpassed, individual transmission signal outputs are compressed, wherein the transmission signal summation power is maintained at least at an almost constant level.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 48 989 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
H 04 J 14/02

②1 Aktenzeichen: 198 48 989.7  
②2 Anmeldetag: 23. 10. 1998  
④3 Offenlegungstag: 11. 5. 2000

DE 198 48 989 A 1

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Weiske, Claus-Jörg, Dipl.-Ing., 82256  
Fürstenfeldbruck, DE; Krummrich, Peter, Dr.-Ing.,  
81379 München, DE

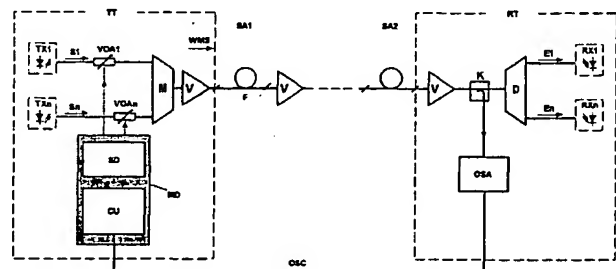
⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 196 21 566 A1  
DE 195 38 753 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur kanalweisen Einstellung von Sendesignalleistungen eines  
Wellenlängenmultiplex-Übertragungssystems

⑤7 Für eine exakte Pegel-Balance oder Signal-Rausch-Verhältnis-Balance von Empfangssignalen (E1 bis En) werden die zugehörigen Sendesignalleistungen (Ptx(i)) eingestellt. Wird der zulässige Dynamikbereich überschritten, erfolgt eine Kompression der einzelnen Sendesignalleistungen, wobei die Sendesignal-Summenleistung zumindest annähernd konstant gehalten wird.



DE 198 48 989 A 1

Optische Wellenlängenmultiplex-Übertragungssysteme weisen aufgrund der Wellenlängenabhängigkeit von optischen Verstärkern, Dämpfungen in den Übertragungsfasern und in passiven optischen Komponenten sowie durch nicht-lineare Effekte wie Signalverkopplungen durch stimulierte Ramanstreuung im allgemeinen für die unterschiedlichen Signale bzw. Kanäle unterschiedliche Dämpfungswerte auf. Diese Effekte können sich bei einer optischen Übertragungsstrecke, die aus mehreren Streckenabschnitten mit mehreren Faserverstärkern besteht, addieren. Als Folge hiervon werden auf der Empfangsseite die schwächeren optischen Signale vom optischen Empfänger nicht mehr fehlerfrei detektiert, weil deren Pegel zu klein sind oder weil deren optisches Signal-Rausch-Verhältnis (OSNR – Optical Signal-to-Noise-Ratio) zu klein ist. Andererseits kann bei einem weniger gedämpften Signal der maximal zulässige Eingangspegel des optischen Empfängers überschritten werden.

Ein in bestehenden optischen Übertragungssystemen angewendetes Verfahren zum Ausgleichen der unterschiedlichen Pegel- oder OSNR-Werte besteht in einer entsprechenden Vorkompensation auf der Sendeseite, die sog. Preemphase. Hierbei wird die Pegel- oder OSNR-Verteilung der Kanäle/Signale auf der Empfangsseite mit Hilfe eines optischen Spektrumanalysators gemessen und durch sendeseitige Anhebung des Pegels der am Empfänger stark gedämpft ankommenden Signale sowie durch entsprechende Absenkung des Pegels der leistungsstärkeren Signale dafür gesorgt, daß alle Empfangssignale auf der Empfangsseite die gleiche Leistung (Pegelbalance) oder das gleiche Signal-Rausch-Verhältnis (OSNR-Balance) haben. Die Anhebung bzw. Absenkung des Sendesignalpegels wird für jeden Kanal bzw. jedes Sendesignal meist so gewählt, daß die Sendesignal-Summenleistung (Summe der Leistungen aller Sendesignale bzw. des Summensignals) am Anfang der optischen Strecke unverändert bleibt, bzw. einen Maximalwert nicht überschreitet.

Geeignete Algorithmen für die Pegel- und OSNR-Balance sind in dem Beitrag Equalisation in Amplified WDM Light-wave Transmission Systems in IEEE Photonics. Technologie Letters, Vol. 4, No. 8, August 1992, Seite 920 bis 922 beschrieben.

Bei Anwendung eines exakt durchgeführten Pegel- oder OSNR-Ausgleichs können jedoch folgende Nachteile auftreten: Eine vollständige Pegel-Balance für die Empfangsseite kann wegen der Wellenlängenabhängigkeit der Streckendämpfung auf der Sendeseite eine zu hohe Pegeldynamik, d. h. einen zu großen Quotienten zwischen maximaler und minimaler Kanalleistung, hervorrufen. Dann besteht die Gefahr, daß Signale mit angehobenem Sendepiegel durch nichtlineare Effekte der Faser verzerrt werden und/oder Sendesignale mit stark abgesenktem Pegel bereits die minimale Eingangsleistung eines optischen Verstärkers unterschreiten, so daß erhebliche Signalverzerrung durch Rauschen die Folge sind.

Auch eine vollständige OSNR-Balance für die Empfangsseite kann auf der Sendeseite eine zu hohe Pegeldynamik bewirken.

Zusätzlich besteht die Gefahr, daß der zulässige Eingangspegelbereich eines oder mehrerer der angeschlossenen optischen Empfänger über- oder unterschritten wird.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, Verfahren zur kanalweisen Einstellung von Sendesignalleistungen anzugeben, bei denen der sendeseitige Dynamikbereich eingehalten wird. Ein erweitertes Verfahren berücksichtigt auch den empfangsseitigen Dynamikbereich bei einer exakten OSNR-Balance.

Die Aufgabe wird durch Verfahren gelöst, die in den unabhängigen Ansprüchen 1 und 4 angegeben sind.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Im allgemeinen ist auf der Empfangsseite keine exakte Pegel-Balance erforderlich, da die angeschlossenen optischen Empfänger einen beträchtlichen Pegel-Dynamikbereich aufweisen, in dem sie optimal arbeiten. Ebenso ist keine exakte OSNR-Balance erforderlich, wenn entsprechende Systemreserven vorhanden sind. In diesem Fall ist ein Verfahren optimal, das lediglich den Dynamikbereich der Sendesignale berücksichtigt. Da im allgemeinen die Systeme mit einer optimalen bzw. maximal zulässigen Summenleistung arbeiten, ist es vorteilhaft, wenn diese bei einer etwa erforderlichen Komprimierung der einzelnen Sendesignalleistungen konstant bleibt.

Bei einer OSNR-Balance muß jedoch auch empfangsseitig der zulässige Dynamikbereich überprüft werden. Im Bedarfsfall erfolgt eine Anpassung der der Empfangssignal-Leistungen durch Kompression. Diese erfolgt wiederum durch Änderung der Leistung der einzelnen Sendesignale. Auch hier muß die Einhaltung des sendeseitigen Dynamikbereichs nochmals überprüft und gegebenenfalls geändert werden.

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer WDM-Übertragungseinrichtung mit Dynamikkompression,

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm zur sendeseitigen Dynamikkompression und

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm zur empfangsseitigen Dynamikkompression.

Fig. 1 zeigt das Prinzipschaltbild einer WDM-Übertragungseinrichtung. In einem Sendeterminal TT sind mehrere optische Sender TX1 bis TXn zum Übertragen von Daten über unterschiedlichen Wellenlängen zugeordneten Kanälen vorgesehen. Die entsprechenden Sendesignale S1 bis Sn werden über einstellbare optische Dämpfungsglieder VOA1 bis VOAn geführt und von einem Multiplexer M zu einem Wellenlängen-Multiplexsignal WMS zusammengefaßt. Dieses Signal wird in eine optische Faser F eingespeist und über verschiedene Streckenabschnitte SA1, SA2 zu einem Empfangsterminal RT übertragen. Um die Dämpfung durch die optische Faser auszugleichen sind verschiedene optische Verstärker V vorgesehen. Im Empfangsterminal RT wird das Wellenlängen-Multiplexsignal in einem Demultiplexer D in einzelne Empfangssignale E1 bis En zerlegt, die jeweils einem optischen Empfänger RX1 bis RXn zugeführt werden.

Das Wellenlängenmultiplexsignal wird empfangsseitig durch einen Koppler K, der dem Demultiplexer vorgeschaltet ist, aufgesplittet und einem optischen Spektrumanalysator OSA zugeführt. Die von diesem gemessene Pegel- und OSNR-Werte werden – beispielsweise über einen gesonderten Steuerkanal OSC (Optical Supervisory Channel) – an ein Preemphase-Steuergerät MD im Sendeterminal geführt. Dieses besteht aus einer Recheneinrichtung CU und einer Einstellereinrichtung SD, die die Sendepegel der einzelnen Sendesignale einstellt, beispielsweise durch Steuerung der Aus-

gangsleistung der optischen Sender oder hier durch Einstellen der Dämpfungsglieder. Die Recheneinheit kann ebenso auf der Empfangsseite vorgesehen sein.

Zunächst wird der Fall betrachtet, daß nur eine Einstellung des sendeseitigen Dynamikbereichs anhand des Ablaufdiagramms Fig. 2 erfolgt. Die einzelnen Sendeleistungen und Empfangsleistungen bzw. Sendeleistungen und die empfangs-  
seitigen Signal-Rauschen-Abstände, kurz die Dämpfungen der einzelnen Kanäle oder die OSNR-Güte (Rauschabstand/  
Sendeleistung) müssen in der Regel durch Messungen bekannt sein.

Als erstes erfolgt dann eine Berechnung der sendeseitigen Leistungsverteilung (Pegelverteilung) für eine exakte Pegel- oder OSNR-Balance auf der Empfangsseite, bei der von den vorstehend aufgeführten Übertragungseigenschaften der einzelnen Kanäle ausgegangen wird.

Anschließend kann die Dynamikkompression gestartet werden. In einem ersten Schritt wird ermittelt, wie groß die sendeseitige Pegeldynamik  $D_{tx}$  ist. Diese entspricht den Quotienten aus größtem Pegel  $P_{tx\_max}$  und kleinstem Pegel  $P_{tx\_min}$  der Sendesignale, wobei unter Pegel hier die Leistung in einem linearen Maßstab verstanden wird, beispielsweise in Milliwatt.

F1)  $D_{tx} = \text{größter Pegel aus } P_{tx(i)} / \text{kleinster Pegel aus } P_{tx(i)} \quad i = 1, 2, \dots, n - \text{Sendesignal.}$

Anschließend erfolgt die Überprüfung, ob der festgestellte Dynamikbereich  $D_{tx}$  größer als der zulässige Dynamikbereich  $D_{tx\_max}$  ist. Ist dies nicht der Fall, erfolgt keine Dynamikkompression. Wenn dies jedoch der Fall ist, erfolgt in den nächsten Rechenschritt die Berechnung der Abweichung, des Offsets, der einzelnen Signalleistungen vom Mittelwert  $P_{tx\_mean}$ , der aus der optimalen oder maximal zulässigen Sendeleistung des sendeseitigen Wellenlängen-Multiplexsignal dividiert durch die Anzahl der Signale ermittelt wurde.

F2)  $\Delta P_{tx(i)} := P_{tx(i)} - P_{tx\_mean}.$

Im folgenden Rechenschritt wird der absolute maximale und minimale Offset, d. h. der Offset des stärksten und schwächsten Sendesignals ermittelt.

F3)  $\Delta P_{tx\_max} := \max(\Delta P_{tx(i)}) \quad \Delta P_{tx\_min} := \min(\Delta P_{tx(i)}).$

Danach erfolgt die Berechnung des Kompressionsfaktors

F4)  $\text{compact}_{tx} := P_{tx\_mean} \cdot (D_{tx\_max} - 1) / (\Delta P_{tx\_max} - D_{tx\_max} \cdot \Delta P_{tx\_min}).$

Dieser wird zur Berechnung der komprimierten Pegel entsprechend

F5)  $\Delta P_{tx(i)} := \Delta P_{tx(i)} \cdot \text{compact}_{tx} \quad P_{tx(i)} := P_{tx\_mean} + \Delta P_{tx(i)}$

verwendet.

Hiermit ist die Dynamikkompression fertig berechnet und es kann die Einstellung der neu berechneten komprimierten Sendepegel  $P_{tx(i)}$  der Sendesignale  $S_1$  bis  $S_n$  erfolgen.

Wenn die einzelnen Empfangssignale  $E_1$  bis  $E_n$  dasselbe Signal-Rausch-Verhältnis aufweisen sollen, also von einer OSNR-Balance ausgegangen wird, kann in einem erweiterten Verfahren nach Fig. 3 zusätzlich eine empfangsseitige Dynamikkompression durchgeführt werden. Voraussetzung für das Kompressionsverfahren ist wieder, daß die Übertragungseigenschaften für jeden Kanal bekannt sind.

Hierdurch wird die Berechnung der sendeseitigen Pegel für die einzelnen Sendesignale, die Pegelverteilung, für eine OSNR-Balance möglich.

Die empfangsseitige Dynamikkompression beginnt mit der Bestimmung der empfangsseitigen Dynamik  $D_{rx}$ .

F7)  $D_{rx} := \text{größter Pegel aus } P_{rx(i)} / \text{kleinster Pegel aus } P_{rx(i)} \quad i = 1, 2, \dots, n - \text{Empfangssignal.}$

Es folgt die Überprüfung, ob die zulässige empfangsseitige Dynamik  $D_{rx}$  überschritten ist. Falls nein, ist eine empfangsseitige Dynamikkompression nicht erforderlich und die errechneten Signalpegel können sendeseitig eingestellt werden. Im allgemeinen ist noch eine Überprüfung der zulässigen sendeseitigen Dynamik erforderlich.

Ist dagegen die zulässige empfangsseitige Dynamik  $D_{rx}$  überschritten, so werden zunächst die Abweichungen, die Offsets, der empfangsseitigen Kanalleistungen  $P_{rx(i)}$  vom Mittelwert  $P_{rx\_mean}$  bestimmt:

F7)  $\Delta P_{rx(i)} := P_{rx(i)} - P_{rx\_mean}$

und die maximalen und minimalen Offsets ermittelt:

F8)  $\Delta P_{rx\_max} := \max(\Delta P_{rx(i)}) \quad \Delta P_{rx\_min} := \min(\Delta P_{rx(i)}).$

Anschließend wird empfangsseitiger Kompressionsfaktor berechnet:

F9)  $\text{compact}_{rx} := P_{rx\_mean} \cdot (D_{rx\_max} - 1) / (\Delta P_{rx\_max} - D_{rx\_max} \cdot \Delta P_{rx\_min}).$

Hieraus erfolgt die Ermittlung der komprimierten Empfangspegel

F10)  $\text{Prx}(i) := \text{Prx\_mean} \cdot \text{deltaPrx}(i) \cdot \text{compact\_rx}$ .

Mit Hilfe der bereits ermittelten kanalindividuellen Streckendämpfung  $\text{Atten}(i)$  können aus den komprimierten Empfangspegeln die zugehörigen Sendepiegel ermittelt werden

F11)  $\text{Ptx\_neu}(i) = \text{Prx}(i) \cdot \text{Atten}(i)$ .

Es kann erforderlich sein, die Sendesignalleistungen zu verringern, falls die zulässige Summenleistung überschritten ist, oder es ist sinnvoll, die Sendesignalleistungen zu erhöhen, um die Übertragungseigenschaften zu verbessern. Beides erfolgt durch eine sendeseitige Pegelanpassung.

Es wird hierzu ein neuer sendeseitiger Mittelwert berechnet werden:

F12)  $\text{Ptx\_mean\_neu} = \text{Summe}(\text{Ptx\_neu}(i)/\text{Kanalzahl})$ .

Hieraus wird ein sendeseitiger Korrekturfaktor bestimmt;

F13)  $\text{corfact\_tx} = \text{Ptx\_mean}/\text{Ptx\_mean\_neu}$ .

Es folgt die Berechnung der neuen Sendepiegel:

F14)  $\text{Ptx}(i) = \text{Ptx\_neu}(i) \cdot \text{corfact\_tx}$ .

Hiermit ist die Dynamikkompression beendet und es erfolgt die Einstellung der neu errechneten Sendepiegel.

Bei der Dynamikkompression müssen natürlich Signalausfälle berücksichtigt werden. Die Zeitkonstanten des Regelkreises werden an die Erfordernisse angepaßt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur kanalindividuellen Einstellung von Sendesignalleistungen eines Wellenlängenmultiplex-Übertragungssystems,  
bei dem die Übertragungseigenschaften für jeden Übertragungskanal ermittelt werden und  
für gleiche Signalleistungen oder gleiche Signal-Rausch-Verhältnisse der einzelnen Empfangssignale (E1 bis En) die Signalleistungen der zugehörigen Sendesignale (S1 bis Sn) kanalindividuell ermittelt werden, **dadurch gekennzeichnet**,  
daß bei Überschreitung des sendeseitig zulässigen Dynamikbereichs ( $\text{Drx\_max}$ ), die individuellen Leistungsabweichungen ( $\text{delta Ptx}(i)$ ,  $i = 1, 2, \dots n$ ) der Sendesignale (S1 bis Sn) von einer mittleren Sendesignalleistung ( $\text{Ptx\_mean}$ ) ermittelt werden und derart verringert werden, daß der zulässige Dynamikbereich eingehalten wird, und daß die neu ermittelten komprimierten Sendesignalleistungen eingestellt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, die individuellen Leistungsabweichungen der Sendesignale (S1 bis Sn) mit einem für alle Sendesignale (S1 bis Sn) gleichen Empfangs-Kompressionsfaktor ( $\text{compact\_tx}$ ) derart verringert werden, daß der zulässige Dynamikbereich eingehalten wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die insgesamt zulässige Sendesignal-Summenleistung aller Sendesignale (S1 bis Sn) zumindest annähernd konstant gehalten wird.
4. Verfahren zur kanalindividuellen Einstellung von Sendesignalleistungen eines Wellenlängenmultiplex-Übertragungssystems,  
bei dem die Übertragungseigenschaften für jeden Übertragungskanal ermittelt werden und  
für gleiche Signal-Rausch-Verhältnisse der einzelnen Empfangssignale (E1 bis En) die Leistungen ( $\text{Ptx}(i)$ ) der zugehörigen Sendesignale (S1 bis Sn) kanalindividuell ermittelt werden, dadurch gekennzeichnet,  
daß bei einer Überschreitung des empfangsseitig zulässigen Dynamikbereichs ( $\text{Drx\_max}$ ) die individuellen Leistungsabweichungen ( $\text{deltaPrx}(i)$ ,  $i = 1, 2, \dots n$ ) der Empfangssignale (E1 bis En) von einer mittleren Empfangsleistung ( $\text{Ptx\_mean}$ ) ermittelt werden und derart verringert werden, daß der empfangsseitig zulässige Dynamikbereich eingehalten wird,  
daß die erforderlichen Sendesignalleistungen ( $\text{Ptx\_neu}(i)$ ) neu berechnet werden,  
daß gegebenenfalls mit Hilfe eines zu berechnenden Sende-Korrekturfaktors ( $\text{corfact\_tx}$ ) eine sendeseitige Leistungskorrektur durchgeführt wird  
und daß die neu ermittelten komprimierten Sendesignalleistungen eingestellt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die individuellen Leistungsabweichungen der Empfangssignale (E1 bis En) mit einem für alle Empfangssignale (E1 bis En) gleichen Kompressionsfaktor ( $\text{compact\_rx}$ ) derart verringert werden, daß der empfangsseitig zulässige Dynamikbereich eingehalten wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangssignal-Summenleistung aller Empfangssignale (E1 bis En) und/oder die Sendesignal-Summenleistung aller Sendesignale (S1 bis Sn) zumindest annähernd konstant gehalten wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, ein neuer sendeseitiger Pegelmittelwert ( $\text{Ptx\_mean\_neu}$ ) ermittelt wird, daß aus dem Verhältnis von altem Pegelmittelwert ( $\text{Ptx\_mean}$ ) zu neuem Pegelmittelwert ( $\text{Ptx\_mean\_neu}$ ) ein Korrekturfaktor ( $\text{corfact\_tx}$ ) ermittelt wird und daß die individuellen Signalleistungen ( $\text{Ptx}(i)$ ) der Sendesignale (S1 bis Sn) mit diesem für alle Sendesignale (S1 bis Sn) gleichen Korrekturfaktor ( $\text{corfact\_tx}$ ) derart geändert werden, daß die insgesamt zulässige Sendesignal-Summenleistung aller Sendesignale (S1 bis Sn) zumindest

annähernd konstant gehalten wird.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG 1

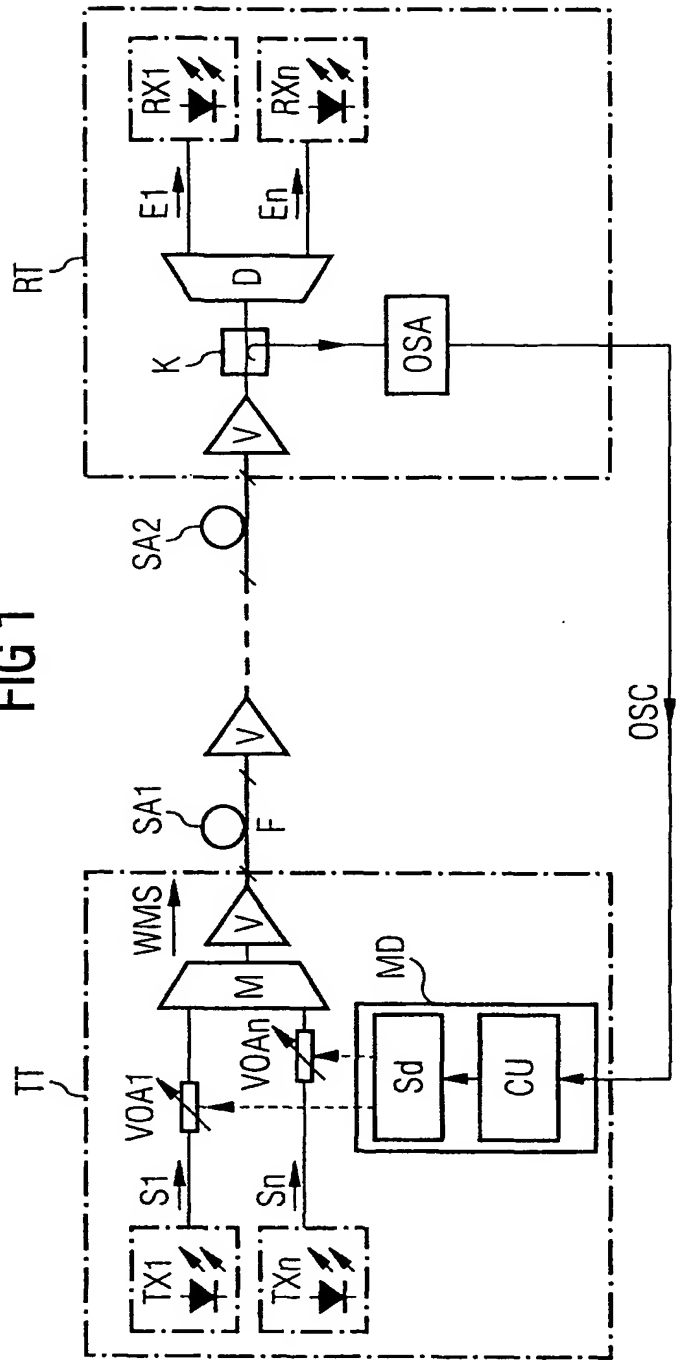




FIG 2A

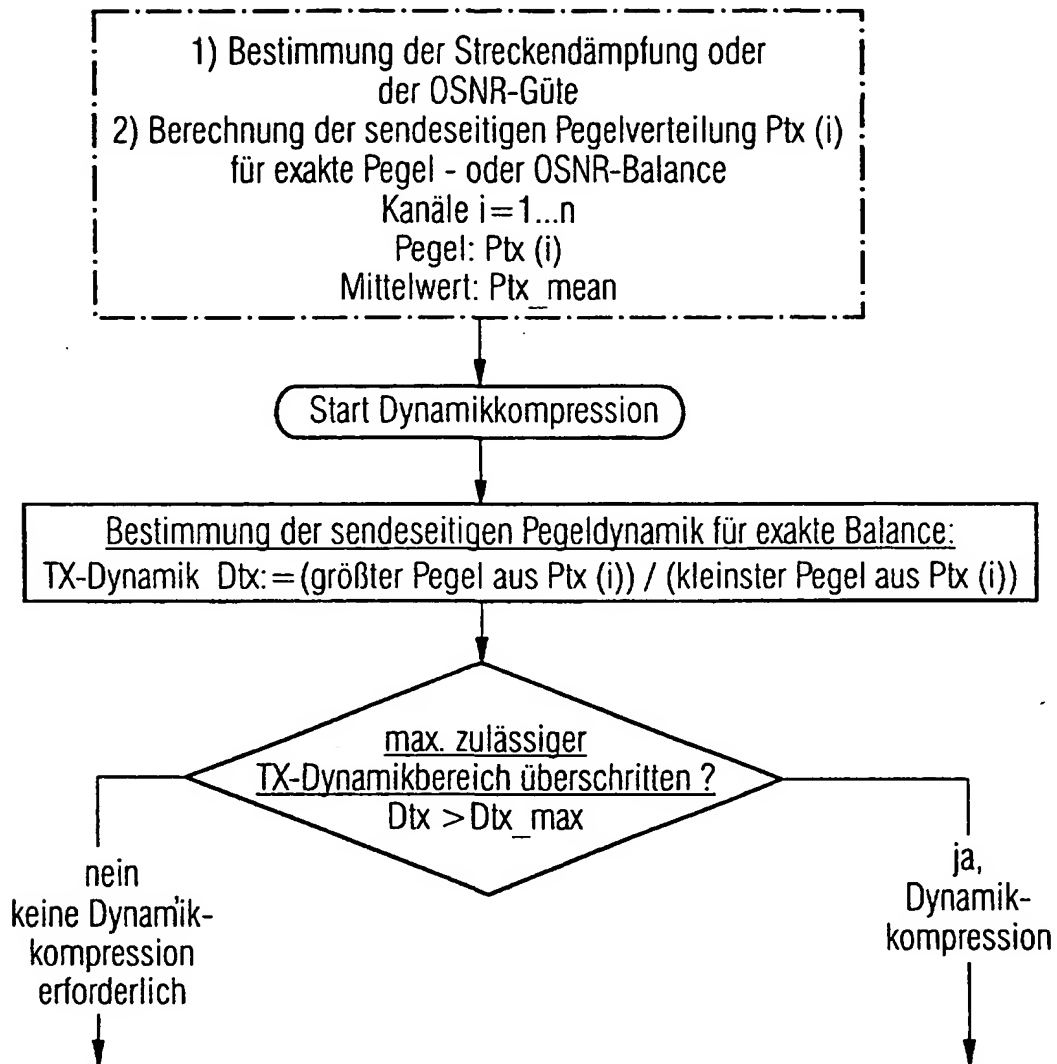


FIG 2B

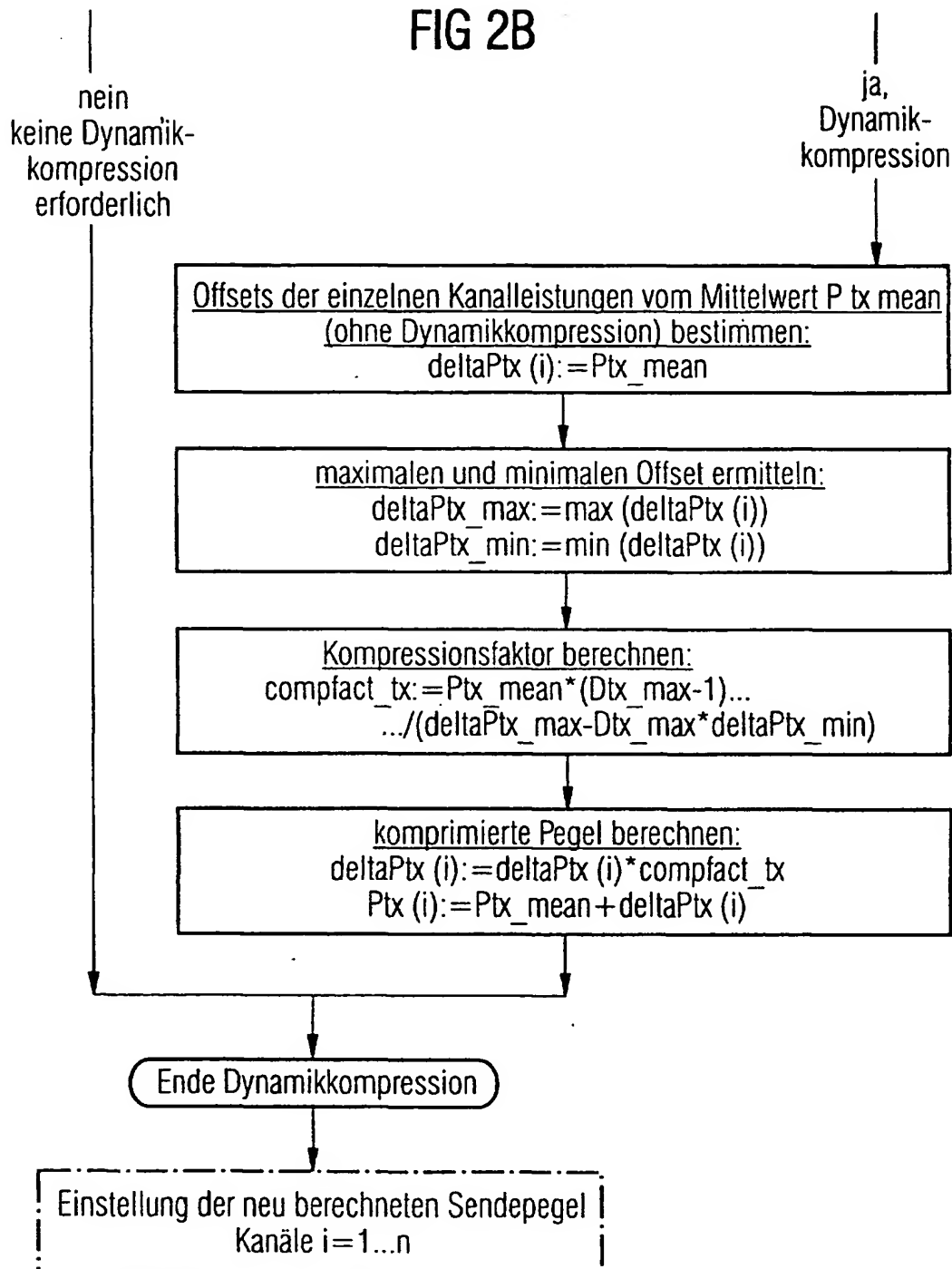


FIG 3A

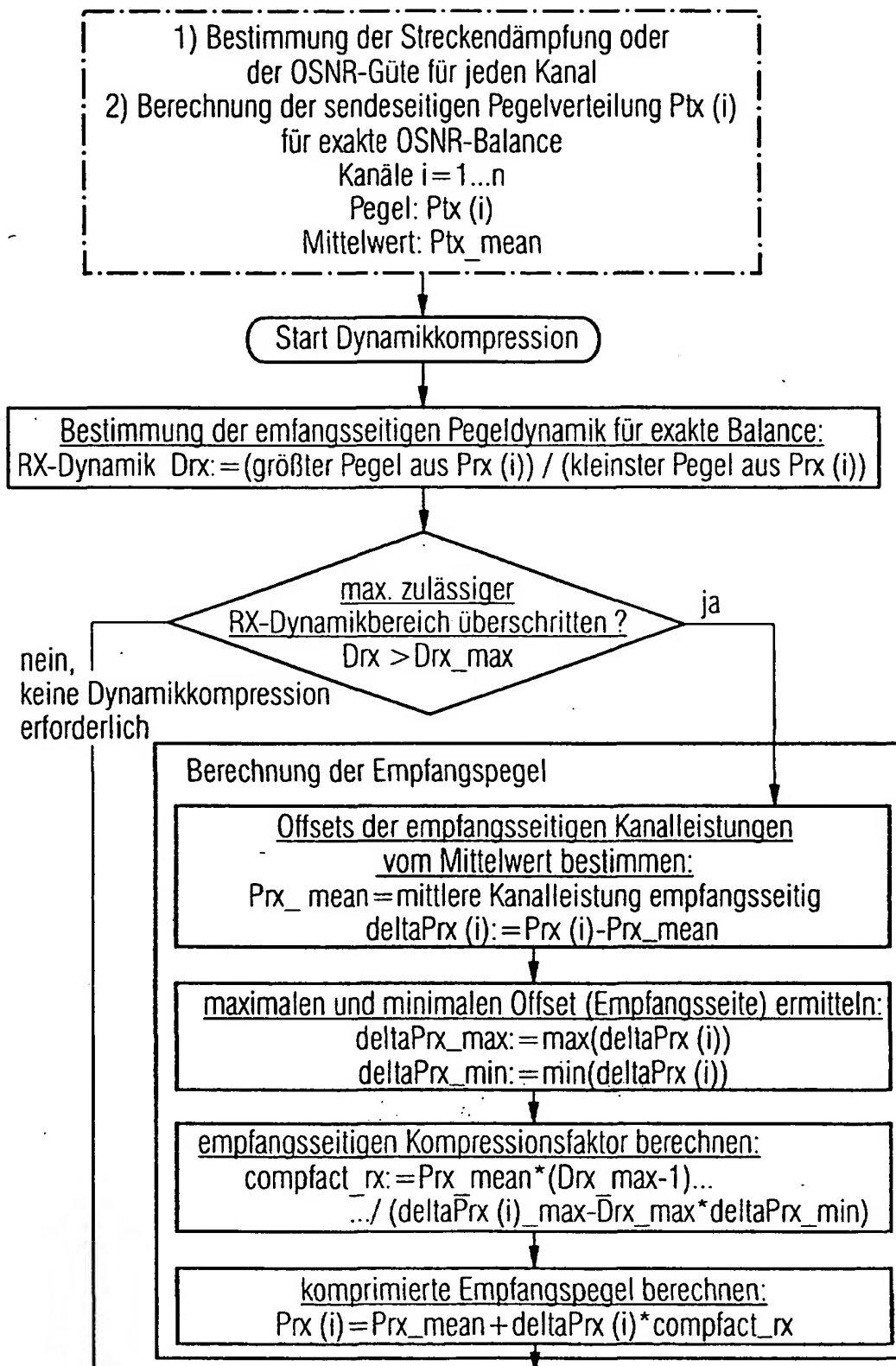


FIG 3B

